

BÖLÜM 30 MANYETİK ALAN KAYNAKLARI

30.1 BIOT-SAVART YASASI

Jean Baptiste Biot (1774-1862) ve Felix Savart (1791-1841) bir elektrik akımının yalanındaki bir miktasa uyguladığı kuvvetle ilgili nicel deneyler yapıyordu. Biot ve Savart deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren bir matematiksel ifade buldular.

- $d\vec{B}$ vektörü hem $d\vec{s}$ hemde $\hat{r}$ birim vektörüne diktir.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü r^2 ile ters orantılıdır.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü, akım ile ve $d\vec{s}$ 'nin büyüklüğü ile orantılıdır.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü $\sin\theta$ ile orantılıdır.

Biot-Savart yasası

$$d\vec{B} \propto \frac{I d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$|d\vec{s} \times \hat{r}| = ds \cdot 1 \cdot \sin\theta$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

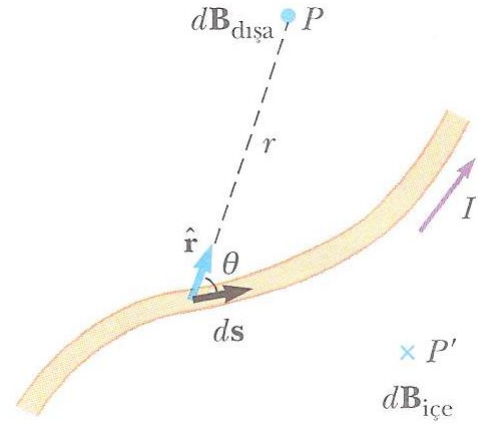
μ_0 , serbest uzayın geçirgenliği
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.

Tüm telin manyetik alanını bulmak için integral alınmalıdır.
Eğer akım kararlı ise I

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

"Biot-Savart Yasası"

Bu integral akım dağılımının tamamı üzerinden alınır.
Biot-Savart yasası deneysel bir yasadır.



ÖRNEK 30.1 İnce Doğrusal Bir İletkeni Çevreleyen Manyetik Alan

Şekildeki gibi x-ekseni boyunca yerleştirilen ve I akımı taşıyan ince doğrusal bir tel veriliyor. Bu akımın P noktasında oluşturduğu manyetik alanın yönünü ve büyüklüğünü bulalım.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

$\vec{B}$ 'nin yönü sağ el kuralıyla bulunabilir. Sağ elin dört parmağı $d\vec{s}$ yi $\hat{r}$ üzerine kattarsak

parmağıyla $\vec{B}$ 'nin yönüdür.

$$|d\vec{s} \times \hat{r}| = ds \sin \theta \text{ idi.}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{ds \sin \theta}{r^2}, \quad ds = dx, \quad r^2 = x^2 + a^2$$

$$\sin \theta = \frac{a}{r} \rightarrow r = \frac{a}{\sin \theta}, \quad r^2 = \frac{a^2}{\sin^2 \theta}$$

$$\cot \theta = -\frac{x}{a} \Rightarrow x = -a \cot \theta, \quad dx = -a \frac{(-\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)}{\sin^2 \theta} d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{a d\theta \sin \theta}{\frac{a^2}{\sin^2 \theta}}, \quad dx = \frac{a}{\sin^2 \theta} d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^3 \theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (-\cos \theta) \Big|_{\theta_1}^{\theta_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

Özel durum 1. Tel sonsuz uzaklıkta ise

$$\theta_2 = 180^\circ = \pi, \quad \theta_1 = 0^\circ$$

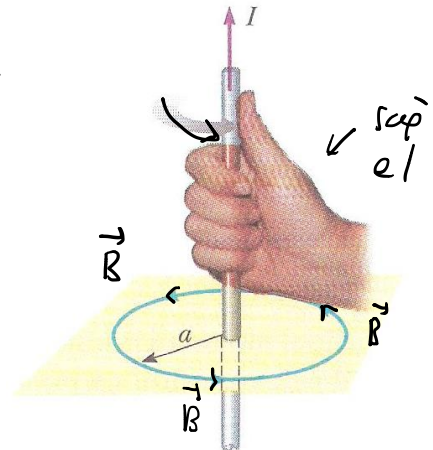
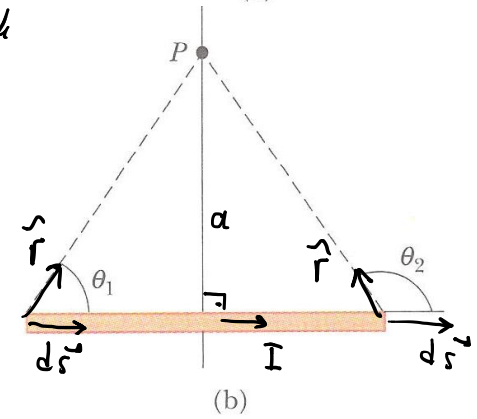
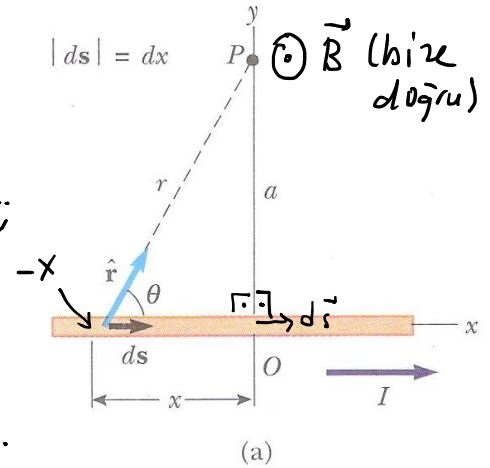
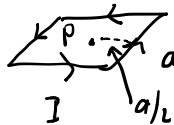
$$\cos \theta_2 = \cos(180^\circ) = -1, \quad \cos \theta_1 = \cos 0^\circ = 1$$

$$\cos \theta_1 - \cos \theta_2 = 1 - (-1) = 2$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \text{ olur.}$$

a yarıçaplı çember

Düz telin etrafında manyetik alanlar oluşur.



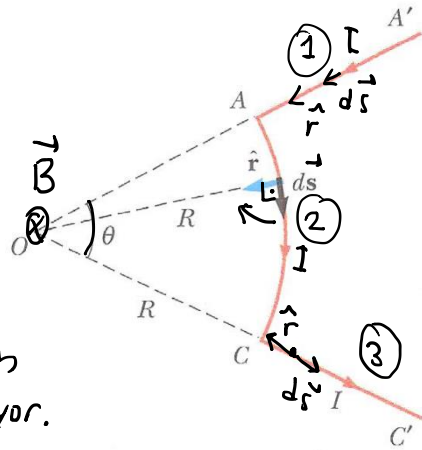
ÖRNEK 30.2 Kavisli Bir Tel Parçasından Kaynaklanan Manyetik Alan

Şekilde gösterilen akım taşıyan tel parçasının O noktasında oluşturacağı manyetik alanın yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

A'A ve C'C telleri O noktasındaki manyetik alanları sıfırdır.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

(1) ve (3) için $d\vec{s} \parallel \hat{r}$ oluyor.
 $d\vec{s} \times \hat{r} = 0$

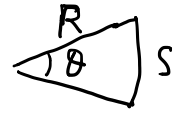


AC yayının alanını bulalım. $r = R$ (sabit)

Sap el kuralı kuralına göre O'daki $\vec{B}$ alanı, içeri doğrudur.
 $|d\vec{s} \times \hat{r}| = ds \sin 90^\circ = ds$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{ds}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int ds = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} S$$

AC yayı

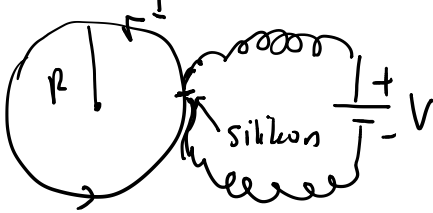


$$\theta = \frac{S}{R} \Rightarrow S = R\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I R}{4\pi R^2} \theta \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \theta$$

θ : AC yayını gören açıdır. Radyan olarak alınır.

Özel durum: Çember

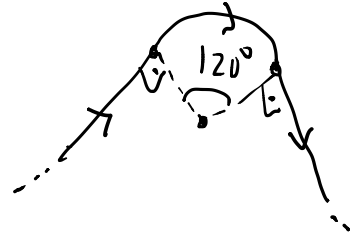
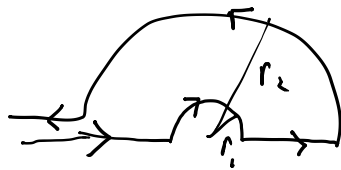


$$\theta = 2\pi \text{ radyan.}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} 2\pi = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

"Çemberin merkezindeki alan"

Bu tüm çember parçalarına uygulanabilir.



$$180^\circ \quad \pi \text{ radyan}$$

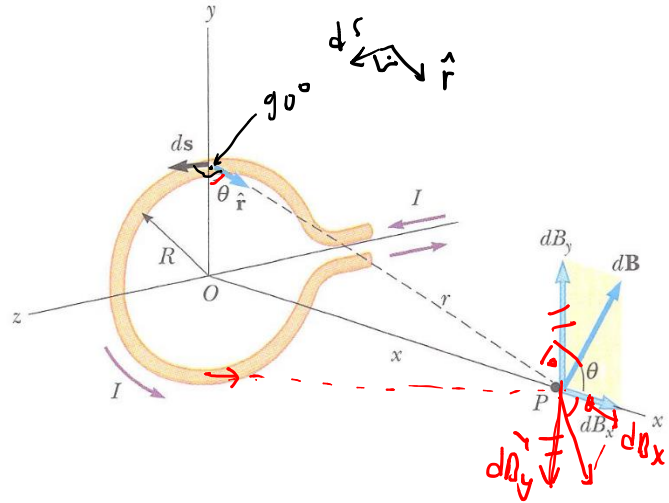
$$\theta^\circ \quad \theta \text{ radyan}$$

$$\theta = \frac{\theta^\circ}{180^\circ} \pi \text{ Radyan}$$

$$\theta^\circ = 60^\circ, \quad \theta = \frac{60}{180} \pi = \pi/3$$

ÖRNEK 30.3 Çembersel Bir Akım İlmeğinin Eksenini Üzerindeki Manyetik Alan

Şekildeki gibi kalınlık I akımı taşıyan ve yz düzleminde bulunan R yarıçaplı çemberel bir ilmek verilmiştir. Bu ilmeğin eksenini üzerindeki P noktasında $\vec{B} = ?$



Simetri nedeniyle $\vec{B}$, $+x$ yönündedir.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{|\vec{ds} \times \hat{r}|}{r^2} \quad , \quad |\vec{ds} \times \hat{r}| = ds \sin 90^\circ = ds$$

$$r^2 = x^2 + R^2$$

$$B_x = B \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{R}{r} = \frac{R}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{ds}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \cdot \frac{R}{(x^2 + R^2)^{1/2}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \oint ds$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{2\pi R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

Özel durum: Çemberin merkezinde ($x=0$ 'da)

$$B_x \text{ alanı } B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I R^2}{2R^3} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Daha sonra akım taşıyan halkaya manyetik dipol denilecek.

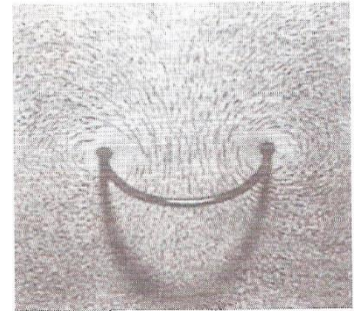
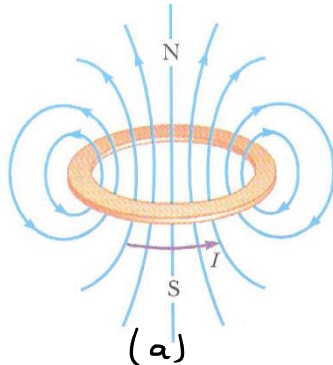
Yeri geldikçe hatırlayacağız.

$$\mu = I A$$

$$\mu = I \pi R^2$$

Manyetik dipol momenti

$$B \approx \frac{\mu_0 \mu}{2x^3} \text{ gibidir.}$$



(b) Akım taşıyan telinin demir tozlarını etkisi.

30.2 İKİ PARALEL İLETKEN ARASINDAKİ MANYETİK KUVVET

Önce bir $\vec{B}$ alanı içindeki I akımı taşıyan $\vec{L}$ tele etkiyen kuvveti $\vec{F} = I (\vec{L} \times \vec{B})$ olarak bulmuştuk.

Burada ② nolu teli kaynak olarak ele alalım. Yani ② nolu telin manyetik alanına B_1 diyelim.

① nolu tel B_2 alanı içinde olduğundan, ① nolu tele etkiyen kuvvet

$$F_1 = I_1 \ell B_2 \quad \text{olur.} \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \text{ yi yerine yazalım.}$$

$$F_1 = I_1 \ell \left(\frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \right) = \left(\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \right) \ell \quad \text{② nolu tel ① nolu teli çeker.}$$

Eğer henüz şekilde I_1 telinin B_1 alanında bulunan I_2 akımı taşıyan tele etkiyen kuvvet

$$F_2 = I_2 \ell \left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \right) = \left(\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \right) \ell ; \quad \text{① nolu tel ② nolu teli çeker.}$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$$

Sonuç: Aynı yönde akım taşıyan teller birbirini çekerler. Farklı, zıt yönde taşıyan teller birbirini iterler.

Birim uzunluk başına kuvvet:

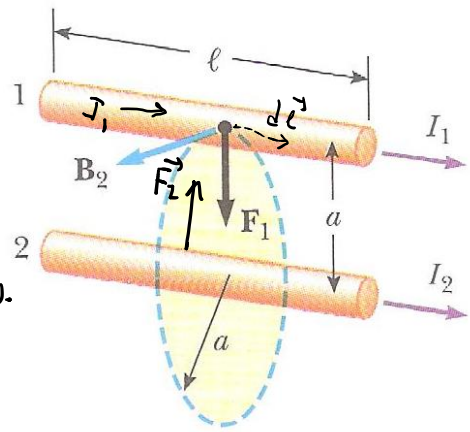
$$\frac{F_B}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \quad \text{olur.}$$

Amper tanımı: $I_1 = I_2 = 1 \text{ A}$, $a = 1 \text{ m}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ ise $\ell = 1 \text{ m}$.

$$F_B = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \ell = 2 \times 10^{-7} \text{ N.}$$

$\Rightarrow$ "1 m uzunluğuna sahip akım taşıyan ve aralarında 1 m mesafe bulunan iki telden birine etkiyen kuvvet $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ ise, telden geçen akım 1 Amperdir.

$\Rightarrow$ Coulomb yasası: Bir telin bir noktasından 1 s'de 1 C'lık yük geçerse, telin akımı 1 Amperdir.



30.3 AMPÈRE YASASI

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = ?$$

Düz tel için $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ idi. r=rahit B=kehit

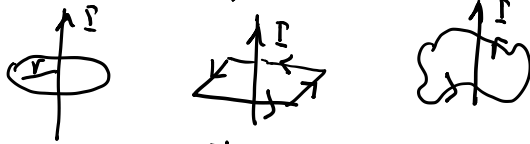
$\vec{B}$ ile $d\vec{s}$ aynı yönlü seçilirse,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B ds = B \oint ds = B 2\pi r$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{iç}} \text{ "Ampère yasası"}$$

Tüm kapalı halkalar (Çevrimler için) sonucu aynıdır?

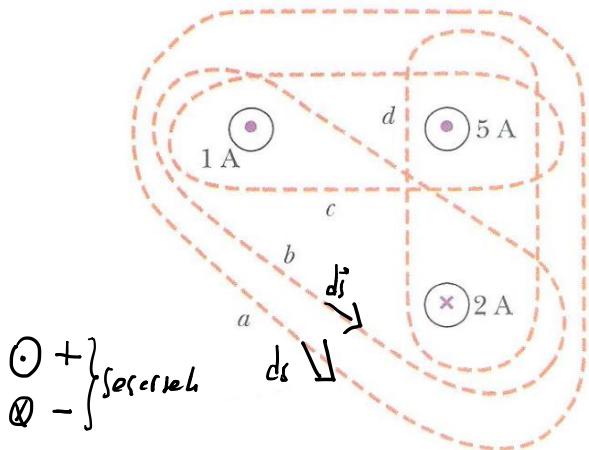
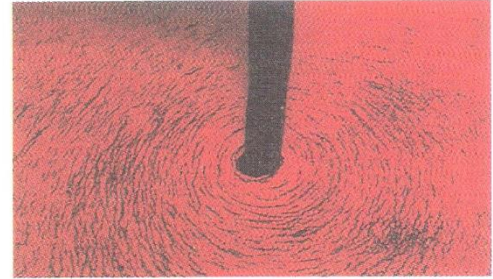
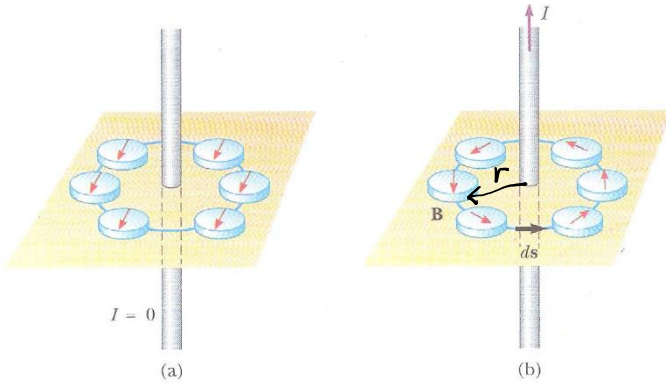


Her bir için $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{iç}}$ e eşittir.



Andre-Marie Ampère

(1775-1836) Elektrik akımları ile manyetik alanlar arasındaki ilişkiyi (elektromanyetizmayı) keşfeden ve bundan ötürü elektrik akımının birimine adı verilerek ödüllendirilen bir Fransızdır. Ampère'nin yeteneği, özellikle matematikte, 12 yaşına doğru ortaya çıkmıştı. Ancak, özel hayatı trajedilerle doludur. Zengin bir şehir memuru olan babası Fransız ihtilali sırasında öldürüldü ve karısı 1803 de genç yaşta öldü. Hayatı hakkındaki yorumu, mezar taşı için seçtiği şu yazıdan açıkça anlaşılmalıdır: *Tandem Felix (Nihayet mutlu).* (AIP Emilio Segre Görünüm Arşivinden)



⊙ + } Sırasıyla
⊗ - }

Üç tane uzun tel, 1A ve 5A'lık akımlar birle doğru, 2A'lık iğe doğru a, b, c ve d çevrimleri verilmiştir.

$$(a) \dots \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (5A + 1A - 2A) = 4\mu_0$$

$$(b) \dots \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (1 - 2) = -1\mu_0$$

$$(c) \dots \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 6\mu_0$$

$$(d) \dots \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 3\mu_0$$

Büyüklüklerini ($|\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}|$) karşılaştırdık

$$c > a > d > b$$

ÖRNEK 30.4 Akım Taşıyan Uzun Bir Telin B Alanı

Kesiti'nin her tarafına düzgün dağılmış kararlı bir I_0 akımı taşıyan R yarıçaplı uzun ve doğrusal bir tel veriliyor.

a) $r > R$ (Telin dışı) b) $r \leq R$ (telin içi) $B = ?$

Çözüm: a) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{iç}$, $I_{iç} = I_0$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B ds \cos 0^\circ = B \oint ds = \mu_0 I_0$$

$$B 2\pi r = \mu_0 I_0$$

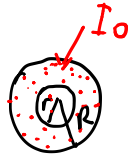
$$B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r} , r > R$$

b) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{iç}$, $r \leq R$

$$B 2\pi r = \mu_0 \frac{r^2}{R^2} I_0$$

$$B = \left(\frac{\mu_0 I_0}{2\pi R^2} \right) r , r \leq R$$

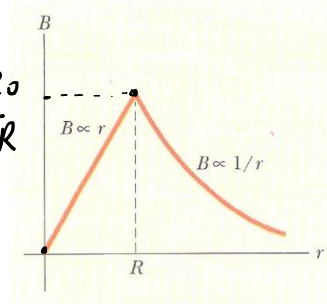
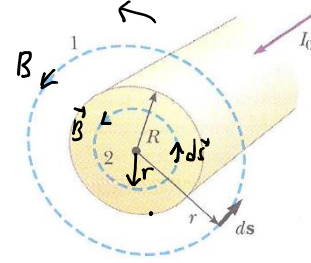
$y = a x$ gibi



$$I_{iç} = \int J dA$$

$$J = \frac{I_0}{\pi R^2} = \text{sabit}$$

$$I_{iç} = \frac{I_0}{\pi R^2} \pi r^2 = \left(\frac{r}{R} \right)^2 I_0$$



ÖRNEK 30.5 Bir Toroidin Manyetik Alanı

Toroid deney ağırlık kapalı bir bölgede hemen hemen düzgün bir manyetik alan oluşturmak için kullanılır. Toroid iletken olmayan bir maddeden yapılmış simit hizimli yuvarlak içi-bu boş bir halkanın etrafına sarılmış N tane sarımdan oluşur.

Toroidin içinde ve dışında $B = ?$

a) Toroidin içinde:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{iç} , I_{iç} = N I$$

$$B 2\pi r = \mu_0 N I \Rightarrow B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r} \text{ "Toroidin içinde"}$$

b) Toroidin dışında (Sarı bölgenin dışı)

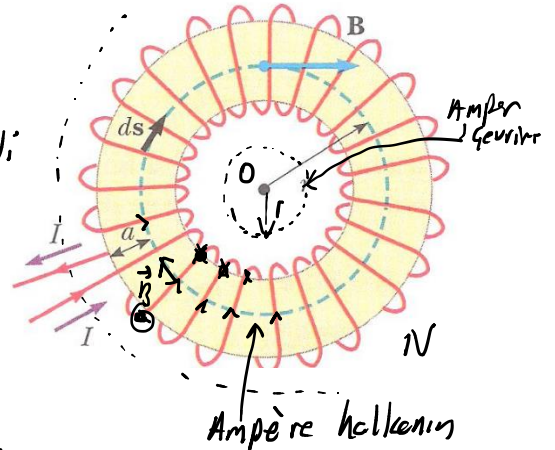
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (I_{iç} = 0) \quad B = 0 \quad (\text{Simitin merkezindeki boşluk})$$

veya



$$I_{iç} = (N I - N I) = 0 \text{ "Net akım sıfır"}$$

Sarı bölge hariç $B = 0$ 'dır.



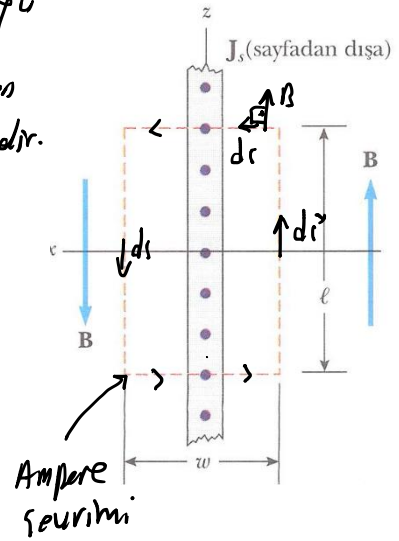
ÖRNEK 30.6 Sonsuz Bir Akım Levhasının Oluşturduğu Manyetik Alan

Sonsuz genişlikte, ince bir levha lineer yarıpılıklı J_s olan bir yüzey akımı taşıyor. Akım y yönündedir. J_s ile z eksenini boyunca ölçülen birim uzunluk başına akımı temsil etmektedir. Levhaya yakın yarıbrde B 'yi bulunuz.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\ell + B\ell = 2B\ell = \mu_0 I_s \quad , \quad J_s = \frac{I_s}{\ell}$$

$$2B\ell = \mu_0 J_s \ell$$

$$B = \mu_0 \frac{J_s}{2} \text{ "Düzgün"}$$



ÖRNEK 30.7 Bir Akım Elemanına Etkiyen Manyetik Kuvvet

Tel 1, y -ekseni boyunca uzanmakta ve I_1 akımı taşımaktadır. Telin sağ tarafına yerleştirilen ve xy düzleminde bulunan dikdörtgen halka I_2 akımı geçiriyor. Tel 2 parçasına etkiyen kuvveti bul.

Tel 1'in sapdolu manyetik alanı $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$ şeklinde'dir.

$B \propto \frac{1}{x}$ ile azalıyor. Tel 2 düzgün olmayan bir manyetik alanda bulunmaktadır.

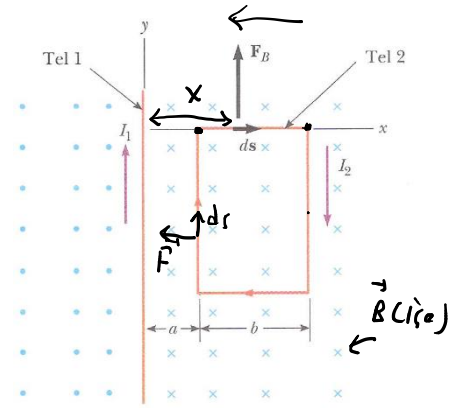
$$\vec{F}_2 = I_2 \int (d\vec{s} \times \vec{B}) \quad , \quad F_2 \text{ 'yukarı' doğru.}$$

$$|d\vec{s} \times \vec{B}| = B ds \sin 90^\circ \quad , \quad ds = dx$$

$$F_2 = I_2 \int \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln(x) \Big|_a^{a+b}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} (\ln(a+b) - \ln(a)) = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right) \quad , \quad b > a$$

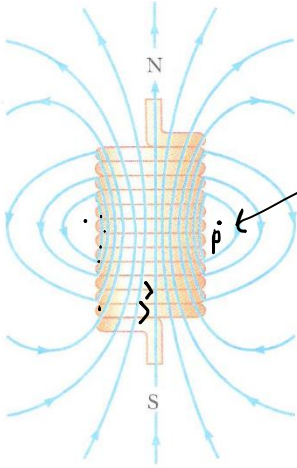
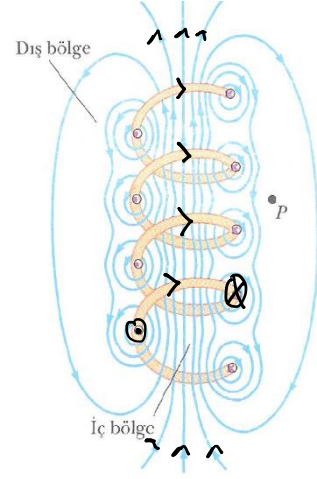


Şekil 30.15

30.4 BİR SELENOİDİN MANYETİK ALANI

Bir selenoid (akım makarası), helis biçiminde sarılmış uzun bir teldir.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{ç}} \quad \text{"Ampere yoxu"}$$



μ nolubunda manyetik alan zayıftır.

Gevşek bir biçimde sarılmış bir selenoidin manyetik alan çizgileri.

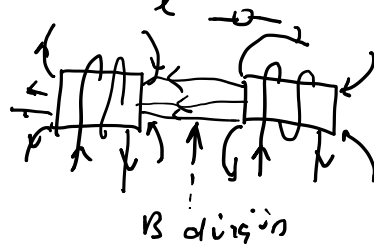
Sırlı sarılmış bir bobinin manyetik alan çizgileri

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} &= \int_1 \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_2 \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_3 \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_4 \vec{B} \cdot d\vec{s} \\ &= B(ds) = \mu_0 N I \\ &= B \ell = \mu_0 (n \ell) I \\ B &= \mu_0 n I \quad (\text{Düzgün}) \end{aligned}$$

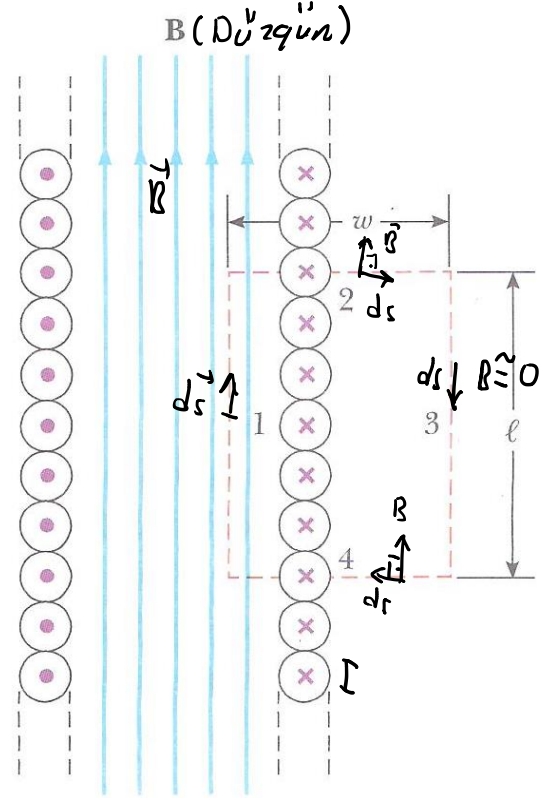
n : Birim uzunluk başına

sarım sayısı n : sarım/metre

$$N = n \ell \rightarrow n = \frac{N}{\ell}$$



Helmholtz bobinleri

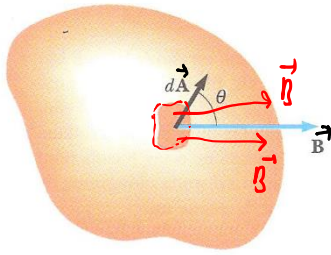
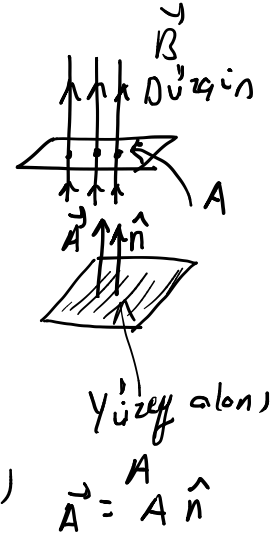


ideal selenoidin manyetik alan çizgileri.

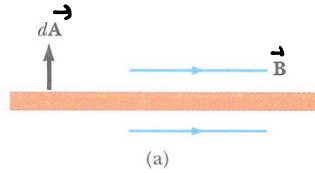
30.5 MANYETİK AKI

Φ_B ; Manyetik akı. $\vec{B}$ düzğününe
 $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = B A \cos \theta$, θ : $\vec{B}$ ile $\vec{A}$
 arasındaki açıdır.

- Eğer $\vec{B} \parallel \vec{A}$ ise $\theta = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$
 $\Phi_B = B A$ (Çıkan akı)
 - Eğer $\vec{B}$ ile $\vec{A}$ arasında $\theta = 180^\circ$ açı varsa
 $\Phi_B = B A \cos 180^\circ = -B A$ (Giren akı)
 - $\vec{B} \perp \vec{A}$ ise (yani $\vec{B}$, yüzey normaline diktir)
 $\theta = 90^\circ$
 $\Phi_B = B A \cos 90^\circ = 0$.
- Eğer $\vec{B}$ düzğün değilse.

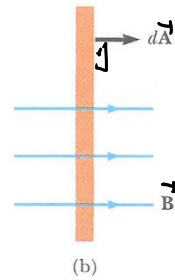


Şekil 30.19 Bir dA yüzey elemanından geçen manyetik akı, $\vec{B} \cdot d\vec{A} = B dA \cos \theta$ ile verilir. $d\vec{A}$ 'nın yüzeye dik olduğuna dikkat ediniz.



Şekil 30.20

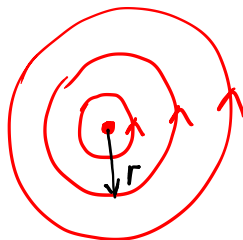
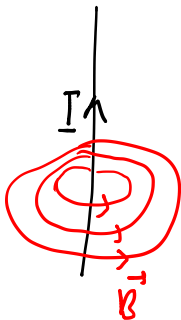
(a) Manyetik alan, düzlemin yüzeyine paralel olduğu zaman, düzlemden geçen akı sıfırdır (yandan bir görünüş). (b) Manyetik alan düzleme dik olduğunda düzlemden geçen akı maksimumdur.



$d\vec{A}$ yüzeyinden geçen akı $d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A}$ ile verilir. $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ olur.

$$= \int B dA \cos \theta$$

* Düz bir telin manyetik alanı düzğün değildir.



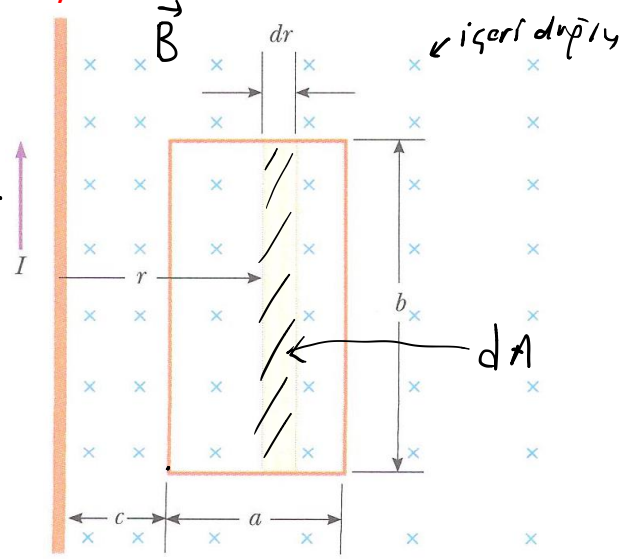
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

r arttıkça B azalır.
ve yönde hep

Manyetik alan çizgilerinin değişiyor.
üsten görünüşü.

Örnek 30.8 Dikdörtgen Bir İlmekten Geçen Manyetik Akı

Genişliği a , uzunluğu b olan dikdörtgen bir ilmek, I akımı taşıyan uzun bir tel den c kadar uzaklığa yerleştirilmiştir. Bu ilmekten geçen akıyı hesaplayınız.



$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad , \quad \vec{B} \text{ içeri}, \quad \vec{n}: \text{ içeri}$$

$$\Phi = \int B \cdot dA = \int B dA$$

Dü, bir tel den r kadar uzakta manyetik alanı $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 'dır.

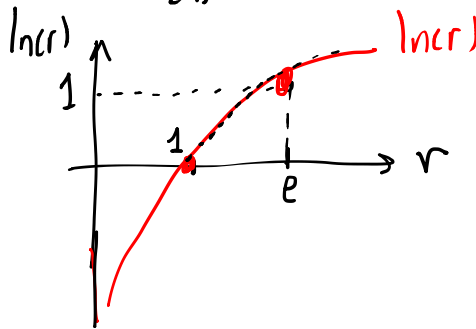
$$dA = b dr \quad (\text{sarı şerit})$$

$$\Phi = \int_c^{c+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} b dr = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \int_c^{c+a} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \left(\ln(r) \right)_c^{c+a}$$

$$= \frac{\mu_0 b I}{2\pi} (\ln(c+a) - \ln(c))$$

$$= \frac{\mu_0 b I}{2\pi} \ln\left(\frac{c+a}{c}\right) = \frac{\mu_0 b I}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{a}{c}\right)$$

> 1



$$e \approx 2.71$$

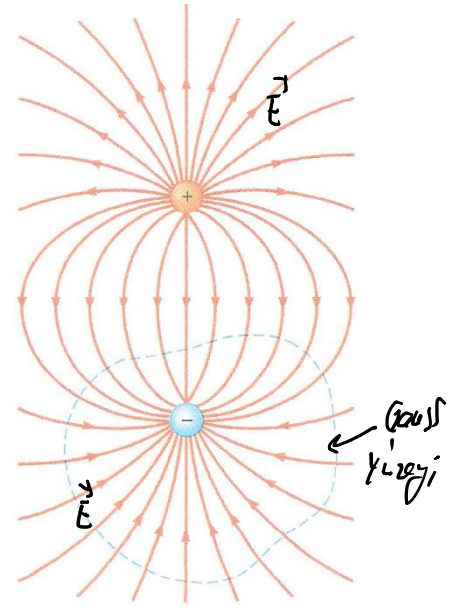
$$r \rightarrow 0, \ln(r) \rightarrow -\infty$$

özel durum: $c \gg a$ i.e. , $\frac{a}{c} \rightarrow 0$ $\ln\left(1 + \frac{a}{c}\right) \rightarrow \ln(1) = 0$
 $\Phi \rightarrow 0$ 'dır.

30.6 MANYETİZMADA GAUSS YASASI

Elektrik alan için Gauss yolu,
 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{is}}{\epsilon_0}$ dır.

Elektrik alan çizgileri + dan çıkıp - de son bulurlar.
+ ve - yükler elektrik alan oluşturur.



Bir dipolun $\vec{E}$ alanı.

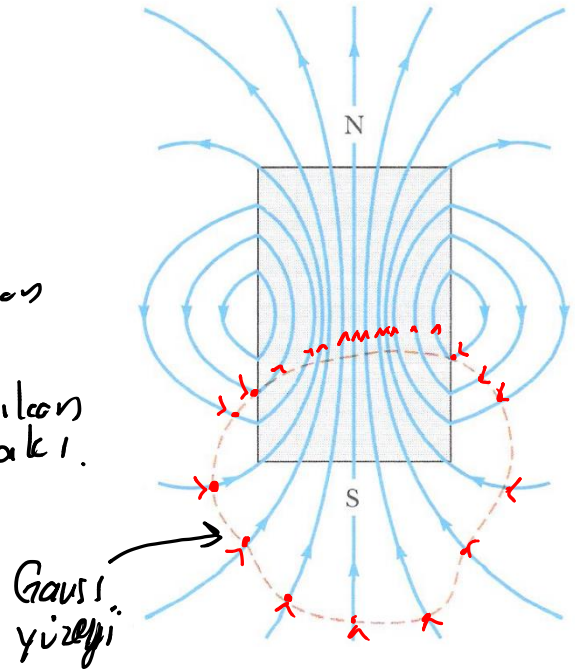
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \text{ dır.}$$

Manyetik alan içinde bulunan
keyfi bir kapalı yüzeyden
geçen toplam manyetik akı
sıfırdır.

Kapalı yüzeyden içeri giren
 $\vec{B}$ alanı çıkışı sayısı, çıkan
çizgilerin sayısına eşittir.

Bu nedenle, giren alan = çıkan
akı.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \text{ (Net akı)}$$



Bir çubuk mıknatısın
 $\vec{B}$ alan çizgileri.

30.7 YER DEĞİŞTİRME AKIMI ve AMPER YASASININ GENEL BİÇİMİ

Ampère yasası: Kararlı I akımı

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{\text{ç}} \quad \checkmark$$

Yani: Kararlı akım manyetik alan oluşturur.

Bir paralel plakalı kondansatörü düşünelim. Kondansatörün levhaları bir ΔV potansiyel farkı altında yükleniyordu. Yükün birikmesi zamanın fonksiyonudur.

$Q(t)$: Zamanın fonksiyonu.

Levhalar arasındaki $\vec{E}(t)$ zamanla artar.

$$\Phi_E = \vec{E}(t) \cdot \vec{A} = \frac{q(t)}{\epsilon_0}$$

Maxwell :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 I_d$$

"Ampère-Maxwell denklemini" terim ekledi.

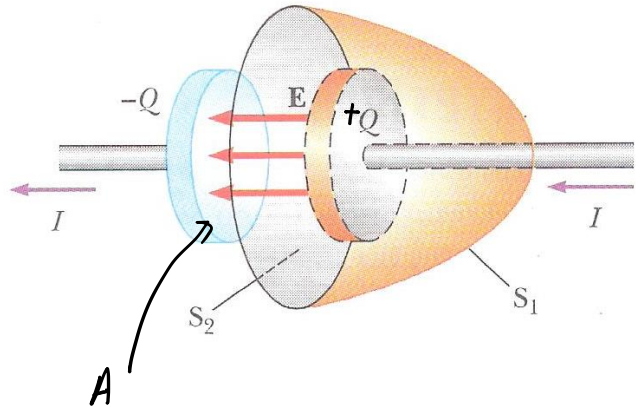
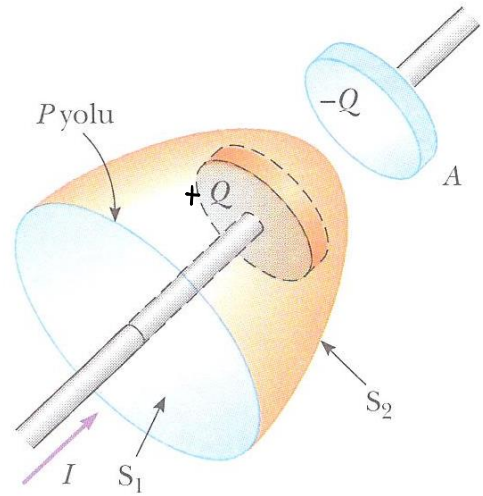
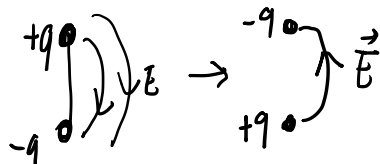
$$Q(t) = \epsilon_0 \Phi_E$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = I_d = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E(t)}{dt} \quad \mu_0 I_d = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \text{ dir.}$$

Maxwell'e göre değişen elektrik akısı bir akım, dolayısıyla bir manyetik alan oluşturur.

C : Işık hızı.

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$



Örnek 30.9 Bir Kondansatörde Yerdeğiştirme Akımı

$8 \mu F$ 'lık bir kondansatörün uçları arasına frekansı 3 kHz ve voltaj genliği 30 V olan bir ac gerilimi uygulandığında, levhalar arasındaki $I_d = ?$

$$\Delta V = \Delta V_{\text{max}} \sin(\omega t)$$

$$\Delta V(t) = (30 \text{ V}) \sin(1.88 \times 10^4 t)$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 3 \times 10^3$$

$$I_d = \frac{dQ(t)}{dt},$$

$$Q(t) = C \Delta V$$

$$= (8 \times 10^{-6} \text{ F}) (30 \text{ V}) \sin(1.88 \times 10^4 t)$$

$$I_d = \frac{d}{dt} (C \Delta V) = C \frac{d\Delta V(t)}{dt} \approx (4.52 \text{ A}) \cos(1.88 \times 10^4 t)$$

bulunur.

